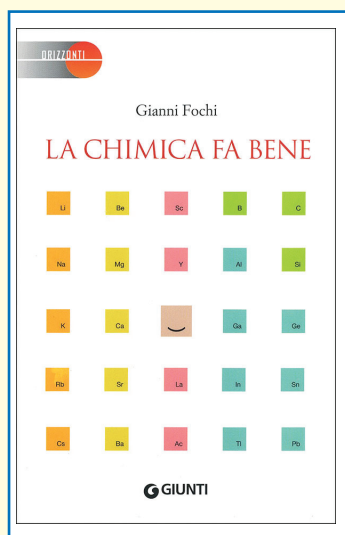


L'età del ferro non è finita



• Fin da quando l'uomo ha imparato a controllare e usare quell'insieme di reazioni chimiche che chiamiamo fuoco, nell'avanzata della tecnologia la chimica s'è trovata praticamente un po' dappertutto. Bere bevande gassate, usare occhiali fotocromatici, spargere sale sulle strade per prevenire la formazione di ghiaccio, acquistare televisori a cristalli liquidi, sapere che la benzina brucia e l'acqua no, sentire i capelli arricciati per l'umidità: sono tutte cose che diamo per scontate. Ma dei processi scientifici e tecnologici che ne sono all'origine spesso non conosciamo né cause né modalità. Si tratta di applicazioni e di fenomeni della chimica, una scienza piena di segreti da scoprire che entra in gioco nella nostra vita molto più di quel che immaginiamo.

(Gianni Fochi, *La chimica fa bene*, Giunti)

L'autore Gianni Fochi ha insegnato alla Scuola Normale Superiore di Pisa e ha scritto numerosi testi di divulgazione. La chimica fa bene è un libro ricco di curiosità che si lascia leggere con una discreta semplicità e cattura l'attenzione. In ciascun capitolo viene presentato un singolo fenomeno della chimica e si racconta in che modo scienziati o uomini ingegnosi hanno dato un contributo alle attuali conoscenze sull'argomento trattato. Di seguito riportiamo il capitolo relativo alla metallurgia del ferro, il metallo a tutt'oggi ancora più utilizzato.

Era il tempo in cui va collocato l'esodo narrato nella Bibbia, con gli ebrei guidati da Mosè che lasciarono avventurosamente l'Egitto e si diressero verso la terra promessa: diciamo all'incirca 1200 anni avanti Cristo. Secolo più, secolo meno, gli uomini cominciarono allora a far largo uso del ferro estratto dai minerali. La tecnologia è ovviamente cambiata varie volte nel corso d'oltre tre millenni, ma le reazioni chimiche alla sua base sono rimaste sostanzialmente le stesse. La differenza maggiore è che ora le conosciamo, mentre i nostri predecessori agivano in modo soltanto empirico.

Chi di voi ha gustato lo splendore dell'isola d'Elba, può forse immaginare quanto dovesse essere ancor più bella nell'antichità, quando era selvaggia e tutta verde di lecci e pini. I suoi pregi non erano

però soltanto quelli paesaggistici ed estetici, che alcuni fra i pochi ricchi potevano apprezzare: aveva risorse importanti per lo sviluppo della società umana. A intaccare l'ambiente elbano cominciarono gli etruschi, aprendovi miniere e disboscando. Avevano bisogno di molto legname, un po' per le strutture di sostegno delle gallerie che scavavano, molto di più per farne carbone, reagente fondamentale per le loro pratiche siderurgiche. Il ferro allo stato metallico infatti è raro in natura, a causa della sua grande tendenza a ossidarsi: va dunque ricavato, grazie al carbone, dai minerali che lo contengono.

Nella preistoria l'uomo riusciva a costruire piccoli oggetti con questo metallo solo quando trovava meteoriti in cui era presente tale e quale. Oggi sappiamo che di ferro

metallico esistono anche ammassi compatti in Groenlandia, racchiusi in rocce che li hanno isolati dall'aria e dall'acqua. In tutti gli altri casi ci vuole la chimica. Gli etruschi nell'El-



Pagine di scienza

ba trovarono una bella varietà di minerali di ferro: ematite (ossido ferrico, Fe_2O_3), limonite (ossido-idrossido ferrico, OFeOH), magnetite (ossido ferroso-ferrico, Fe_3O_4), pirite (disolfuro ferroso, FeS_2 ; contiene lo ione disolfuro, S_2^{2-} , con un legame covalente zolfo-zolfo), siderite (carbonato ferroso, FeCO_3). I cristalli grigio-ferro d'ematite sono molto usati in bigiotteria. La magnetite, come dice il nome, è una calamita naturale: un suo giacimento ha dato appunto il nome di Monte Calamita alla sommità del promontorio sudorientale dell'isola. La differenza tra *ferrico* e *ferroso* risiede nello stato d'ossidazione dell'elemento ferro: +2, se esso è in forma di ioni ferrosi (Fe^{2+}), +3 in quelli ferrici (Fe^{3+}). Nella magnetite sono presenti tutti e due i tipi: per controbilanciare le cariche di quattro ioni ossido O^{2-} (in tutto otto cariche negative), ecco due ioni ferrici e uno ferroso, che mettono appunto insieme otto cariche positive ($3 + 3 + 2 = 8$).

Già nell'età del bronzo l'uomo aveva imparato che il carbone può riuscire a isolare alcuni metalli dai loro minerali. Ci provò poi col ferro e l'idea funzionò. Ora si usa il coke, ottenuto dal carbon fossile riscaldato a circa 1300 gradi centigradi. In quelle condizioni viene eliminato il «gas di cokeria», miscela combustibile sfruttata per produrre calore negli stabilimenti siderurgici. L'operazione è analoga alla vecchia distillazione secca. Si separano infatti il catrame e alcuni altri sottoprodotti (tra gli altri, benzene, detto anche benzolo, e naftalina, detta più modernamente naftalene).

Gli etruschi dovevano contentarsi del carbone di legna, che producevano in gran quantità carbo-

nizzando gli alberi dell'isola. Subentrarono poi i romani, che continuarono a ricavare il ferro e quindi a disboscare. Come in un altoforno moderno, nei piccoli forni antichi venivano portati a temperature molto alte il minerale e il carbone in strati sovrapposti e alternati. Il fuoco veniva acceso dal basso. La prima reazione era una combustione del carbone con poca aria, perché appunto al di sopra c'era uno strato di minerale. Il prodotto principale era dunque il monossido di carbonio (CO). Lo stato d'ossidazione del carbonio fino a quel momento era cioè passato da zero a +2; ma, combinandosi con l'ossigeno, quest'elemento tende ad arrivare a +4. Ciò succedeva quando il gas CO caldo, salendo, incontrava il minerale, ossidandosi a biossido (CO_2) grazie all'ossigeno che gli strappava, mentre cedeva elettroni agli ioni di ferro, che venivano ridotti a metallo. Questo, fuso per l'alta temperatura, colava in lega con un po' di carbonio sottratto al carbone residuo. Una lega del genere cola anche oggi dagli altoforni e si chiama ghisa; può contenere carbonio fino al cinque per cento in peso: ci penserà poi l'acciaieria a diminuire questa dose al di sotto del due per cento.

Negli altoforni il gas biossido di carbonio, prodotto nella riduzione del primo strato di minerale, si muove verso l'alto e incontra un nuovo strato di carbone (coke). A caldo avviene un trasferimento d'elettroni dal carbone al gas. Gli stati d'ossidazione si uniformano: da zero (carbone) e +4 (biossido) a +2 per tutto il carbonio. Si forma dunque di nuovo il monossido, pronto a riossidarsi riducendo un nuovo strato di minerale. Così via in un

processo continuo, perché in basso il carbone brucia e la ghisa fusa cola giù, mentre senza sosta l'altoforno dal di sopra viene caricato con minerale e coke alternati.

Nelle acciaierie vengono attuati processi vari allo scopo suddetto d'abbassare il contenuto di carbonio, trasformando la ghisa in acciaio. Ne citerò uno: quello «al rottame». In crogioli enormi, la ghisa viene fusa insieme coi rottami di ferro. In questo modo il carbonio viene ovviamente diluito; ma l'effetto è un po' aumentato da una reazione chimica. I rottami rugginosi contengono appunto la ruggine, che è un ossido ferrico idrato ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$, dove x è un numero decimale variabile). A caldo il carbonio della ghisa riduce la ruggine a ferro metallico, ossidandosi a biossido di carbonio (che se ne va).

Di tutta la metallurgia, il settore del ferro è sicuramente quello più grande: il 90 per cento dei minerali metalliferi estratti dalla crosta terrestre serve alla sua produzione. Nel 2005 il ferro prodotto nel mondo ha quasi raggiunto 840 milioni di tonnellate. L'attività cominciata ai tempi di Mosè da antichi operai, che in sostanza erano chimici pur senza saperlo, è un capitolo importantissimo dell'economia mondiale e un cardine della vita dell'umanità. Purtroppo costituisce anche un'importante fonte d'inquinamento. Visto che delle leghe di ferro non si può far a meno, ecco aperta un'altra sfida per gli ingegneri impiantisti e naturalmente per i chimici. Se di sicuro l'età del ferro non è finita e non finirà tanto presto, quest'aspetto è diventato fondamentale e lo diventerà sempre più.